

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000353820 A

(43) Date of publication of application: 19.12.00

(51) Int. Cl

**H01L 33/00**

**H01S 5/183**

**H01S 5/323**

(21) Application number: 11166352

(22) Date of filing: 14.06.99

(71) Applicant: SHOWA DENKO KK

(72) Inventor: UDAGAWA TAKASHI  
NABEKURA WATARU  
TAKEUCHI RYOICHI

**(54) AlGaNp LIGHT EMITTING ELEMENT WITH  
WINDOW LAYER**

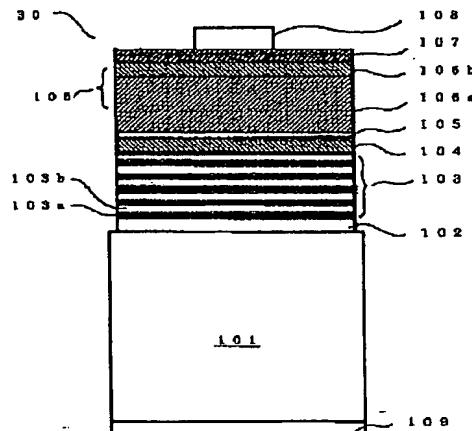
**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To acquire an AlGaNp light emitting element of high brightness by providing a specified p-type clad layer, a light emitting layer and an n-type clad layer in a GaAs single crystalline substrate and providing a window layer consisting of zinc oxide thereon.

**SOLUTION:** P-type clad layers 104, 106 consisting of  $(Al\alpha Ga1-\alpha)xIn1-xP$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ,  $0 < x < 1$ ), a light emitting layer 105, an n-type clad layer and a window layer 107 of a polycrystalline zinc oxide are formed on a GaAs single crystalline substrate 101. In the process, the composition ratio (1-X) of indium of an AlGaNp layer is made 0.5, thereby obtaining good lattice-match to a GaAs substrate 101. It is desirable that zinc oxide is hexagonal wurtzite type crystal, a polycrystalline zinc oxide film is preferably orientated C-axially and the resistivity is made  $1 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$  or less. Although zinc oxide crystal shows n-type conduction in its so-called undoped state wherein impurities are not

added intentionally, an n-type zinc oxide window layer 107 of lower resistivity can be formed by doping a group III element.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-353820

(P2000-353820A)

(43) 公開日 平成12年12月19日 (2000.12.19)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

デ-マコ-ト(参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

B 5 F 0 4 1

H 0 1 S 5/183

H 0 1 S 5/183

5 F 0 7 3

5/323

5/323

審査請求 未請求 請求項の数10 O.L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平11-166352

(71) 出願人 000002004

昭和電工株式会社

東京都港区芝大門1丁目13番9号

(22) 出願日 平成11年6月14日 (1999.6.14)

(72) 発明者 宇田川 隆

埼玉県秩父市下影森1505番地 昭和電工株式会社総合研究所秩父研究室内

(72) 発明者 鍋倉 亘

埼玉県秩父市大学下影森1505番地 昭和電工株式会社秩父工場内

(74) 代理人 100094237

弁理士 矢口 平

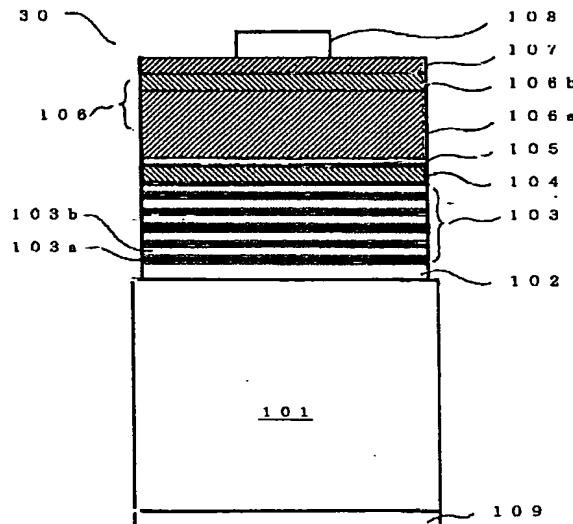
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窓層を備えたAlGaInP発光素子

(57) 【要約】

【課題】 高輝度のAlGaInP発光素子を獲得するためには必要な透明導電性窓層の構成要件と積層構成を提供する。

【解決手段】 n形クラッド層を、キャリア濃度を相違する高低両キャリア濃度のn形AlGaInP層から構成し、高キャリア濃度層側に、c軸方向に配向したIII族元素をドープしたn形酸化亜鉛からなる透明導電性窓層を有する構成とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 $Al_{\alpha}Ga_{1-\alpha}In_{1-x}P$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ 、 $0 < x < 1$ ) からなるp形クラッド層、発光層、及びn形クラッド層を有し、さらにその上に多結晶体の酸化亜鉛からなる窓層を有することを特徴とする発光素子。

【請求項2】Inの混晶比 ( $1-x$ ) が、0.5であることを特徴とする請求項1記載の発光素子。

【請求項3】酸化亜鉛が、六方晶ウルツ鉱型結晶で、主にc軸方向に配向していることを特徴とする請求項1または2記載の発光素子。

【請求項4】酸化亜鉛が、第III族元素が添加され、n形の伝導性を有することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項5】第III族元素が、硼素、アルミニウム、ガリウム、インジウムから選ばれた一種類以上の元素であることを特徴とする請求項4記載の発光素子。

【請求項6】n形クラッド層が、キャリヤ濃度を相違する2層を含み、キャリヤ濃度の低い方の層が発光層側にあり ( $A_1$ 層とし、キャリヤ濃度をN1とする) 、キャリヤ濃度の高い方の層が窓層側にある ( $A_2$ 層とし、キャリヤ濃度をN2とする) ことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項7】N1が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上で $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 未満であり、N2が $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上で $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項6に記載の発光素子。

【請求項8】A2層が、層厚5nm以上で500nm以下であることを特徴とする請求項6または7に記載の発光素子。

【請求項9】A1層のドーパントが珪素であり、A2層のドーパントが第VII族元素であることを特徴とする請求項6～8のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項10】第VII族元素が、セレンまたはテルルであることを特徴とする請求項9に記載の発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】リン化アルミニウム・ガリウム・インジウム ( $AlGaInP$ ) 活性層から発光を外部へ出射するに好都合な窓層を具備する高輝度の $AlGaInP$ 発光素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 $(Al_{\alpha}Ga_{1-\alpha})_xIn_{1-x}P$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ 、 $0 < x < 1$ ) 多元混晶にあって、特に、インジウム組成比 ( $= 1-x$ ) を0.5とする ( $Al_{\alpha}Ga_{1-\alpha}In_{0.5}P$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) は、砒化ガリウム ( $GaAs$ ) 単結晶と良好な格子整合性を有し (App. 1. Phys. Lett., 57 (27) (1990), 2937～2939頁参照)、例えば赤橙色系を出射する発光素子 (LED) 或いはレーザーダイオード

(LD) に利用されている (App. 1. Phys. Lett., 64 (21) (1994), 2839～2841頁参照)。これらの発光素子の発光部は、光の「閉じ込め」効果を利用して高強度の発光を得るために、pn接合型のダブルヘテロ (DH) 接合構造から構成するのが通例である (App. 1. Phys. Lett., 61 (15) (1992), 1775～1777頁参照)。【0003】DH構造発光部とは、発光 (活性) 層、上部及び下部クラッドから構成される発光を司る機能部位である。クラッド層は、限定された領域内 (発光層内) で電子と正孔とを集中して放射再結合させるために、発光層を挟持して設けられる障壁層である。発光層領域内で、都合良くキャリア (carrier) の再結合を起こすために、クラッド層は発光層よりも禁止帯幅 (band gap) を大きくして構成される。例えば、 $(Al_{0.2}Ga_{0.8})_{0.5}In_{0.5}P$  から発光層を構成し、クラッド層を  $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$  とするDH構造が開示されている (App. 1. Phys. Lett., 58 (10) (1991), 1010～1012頁参照)。

【0004】従来の  $(Al_{\alpha}Ga_{1-\alpha})_xIn_{1-x}P$  発光素子において、DH構造発光部の上方には素子動作電流を発光部へ広範に拡散させるため、電流拡散の役目も担う窓 (ウインドウ) 層を配置するのが通例となっている (SPIE, Vol. 3002 (1997), 110～118頁参照)。窓層は、発光面積を拡大するために敷設する結晶層であるから、出来る限り低抵抗の結晶層から構成するのが好ましい。また、窓層は発光の取り出し方向に配置するため、発光層からの発光を吸収し難く、発光に対して透明な禁止帯幅の大きな半導体材料から構成する必要がある。従来より、窓層を砒化アルミニウム・ガリウム結晶 ( $Al_cGa_{1-c}As$  :  $0 \leq c \leq 1$ ) から構成する例が開示されている (上記のApp. 1. Phys. Lett., 58 (1991) 参照)。また、リン化ガリウム (GaP) から構成する例も知られている (J. Electron. Mater., 20 (1991), 1125～1130頁参照)。窓層として利用されるGaP結晶層の層厚は約 $10 \mu\text{m}$ から数 $10 \mu\text{m}$ であり (前出のSPIE, Vol. 3002参照)、よって  $(Al_{\alpha}Ga_{1-\alpha})_xIn_{1-x}P$  結晶層の一般的な成長方法である有機金属熱分解気相成長 (MO-VPE) 法に比較すれば、より簡便に厚膜が成膜できるハロゲン (halogen) 或いはハイドライド (hydride) VPEにより形成されている。

【0005】III-V族化合物半導体材料に加え、透明な酸化物結晶層を発光部の上方に配置する積層構成も開示されている。例えば、アメリカ合衆国特許第5,481,122号では、p形オーミックコンタクト層上に酸化インジウム・錫 (indium-tin oxide : 略称ITO) 層が配置されている。また、リン化砒

化ガリウム (GaAsP)、リン化ガリウム (GaP)、リン化ガリウム・インジウム (GaInP) または砒化ガリウム (GaAs) から構成されるコンタクト層を被覆する様に酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛や酸化マグネシウム被膜を設ける手段が開示されている (特開平11-17220号公報参照)。図4は、導電性酸化物膜を具備する従来のAlGaInP発光素子の断面模式図である。導電性酸化物膜52は、上部クラッド層106上に備えられたコンタクト層51上に設けられる構成となっている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】Al<sub>c</sub>Ga<sub>1-c</sub>Asは、クラッド層を構成する (Al<sub>α</sub>Ga<sub>1-α</sub>)<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>Pと良好な格子整合関係があり、ミスフィット (misfit) 転位等の結晶欠陥の少ない窓層を形成できる利点がある。しかし、約0.5を越える高いアルミニウム組成比 (=C) のAl<sub>c</sub>Ga<sub>1-c</sub>Asを窓層として設けたAlGaInP発光素子では、高温多湿の環境下に於いて順方向電圧が経時に変動し、これを防ぐため、例えばパッシベーション (passivation) 技術などの特別な技術手段が要求される。

【0007】また、GaPで窓層を構成すれば、外部発光効率を数倍に高めることができるが、(Al<sub>α</sub>Ga<sub>1-α</sub>)<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>Pとの格子不整合性から、良質のGaP結晶層を形成するには至らず、発光素子の寿命を短くしてしまう。また、発光の取り出し効率を高めるため、厚膜のGaP結晶層を形成するためには、クラッド層或いは発光層とは異なる成膜技術を必要とし、発光素子の製造工程が煩雑となる。

【0008】また、透明酸化物層を備えた従来のAlGaInP発光素子においては、酸化物層はGaAs等から成るコンタクト層を介して設けられている。しかし、GaAsの室温での禁止帯幅 (=1.43eV) は、一般的な発光層の構成材料である (Al<sub>α</sub>Ga<sub>1-α</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pに比較すれば小さいため、発光がGaAs層に吸収され、高輝度の発光素子を得るのに不利となる。更に、抵抗率が約10<sup>-4</sup>Ω·cm程度と小さなITO膜を、単にコンタクト層に接触させて設けても、良好なオーミック接触が安定して得られないという問題がある。

【0009】同じく、約10<sup>-4</sup>Ω·cm程度の低抵抗率の導電性を有する酸化物結晶に、酸化亜鉛 (ZnO) がある (電子通信情報学会技術研究会報告、V01.99. No. 63 (1999. 5. 20.)、83~88頁参照)。しかし、酸化亜鉛膜について、透明窓層として良好なオーミック接触特性を機能させる構成要件及び積層構造は開示されていない。

【0010】本発明は上記の背景に鑑み、酸化亜鉛から窓層を構成するための構成要件および積層構造を明らかにし、高輝度のAlGaInP発光素子を提供することにある。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】発明者らは上記の課題を解決すべく鋭意検討した結果、本発明に到達した。即ち、本発明は、[1] GaAs単結晶基板上に、それぞれ (Al<sub>α</sub>Ga<sub>1-α</sub>)<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>P (0≤α≤1, 0<x<1) からなるp形クラッド層、発光層、及びn形クラッド層を有し、さらにその上に多結晶体の酸化亜鉛からなる窓層を有することを特徴とする発光素子、[2] Inの混晶比 (1-x) が、0.5であることを特徴とする[1]記載の発光素子、[3] 酸化亜鉛が、六方晶ウルツ鉱型結晶で、主にc軸方向に配向していることを特徴とする[1]または[2]に記載の発光素子、[4] 酸化亜鉛が、第III族元素が添加され、n形の伝導性を有することを特徴とする[1]~[3]のいずれか1項に記載の発光素子、[5] 第IIII族元素が、硼素、アルミニウム、ガリウム、インジウムから選ばれた一種類以上の元素であることを特徴とする[4]記載の発光素子、[6] n形クラッド層が、キャリヤ濃度を相違する2層を含み、キャリヤ濃度の低い方の層が発光層側にあり (A1層とし、キャリヤ濃度をN1とする)、キャリヤ濃度の高い方の層が窓層側にある (A2層とし、キャリヤ濃度をN2とする) ことを特徴とする[1]~[5]のいずれか1項に記載の発光素子、[7] N1が1×10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>以上で5×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>未満であり、N2が5×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>以上で3×10<sup>19</sup>cm<sup>-3</sup>以下であることを特徴とする[6]に記載の発光素子、[8] A2層が、層厚5nm以上で500nm以下であることを特徴とする[6]または[7]に記載の発光素子、[9] A1層のドーパントが珪素であり、A2層のドーパントが第VII族元素であることを特徴とする[6]~[8]のいずれか1項に記載の発光素子、[10] 第VII族元素が、セレンまたはテルルであることを特徴とする[9]に記載の発光素子、に関する。

## 【0012】

【発明の実施の形態】本発明では、GaAs単結晶基板上に、(Al<sub>α</sub>Ga<sub>1-α</sub>)<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>P (0≤α≤1, 0<x<1) からなるp形クラッド層、発光層、及びn形クラッド層と多結晶体である酸化亜鉛の窓層を形成する。この場合、AlGaInP層のインジウムの組成比 (1-x) については、0.5とすることでGaAs基板に対し良好な格子整合性が得られる。

【0013】酸化亜鉛 (ZnO) 多結晶層は、通常の高周波スパッタ法や真空蒸着法等の物理的堆積法や化学的堆積 (CVD) 法などにより形成できる。特に、堆積時に被堆積物の温度を大凡、200°C以上とすれば、ウルツ鉱結晶型の<0001>方向 (所謂、c軸方向) を成長方位とする多結晶の酸化亜鉛結晶層が得られる。単結晶の酸化亜鉛結晶も利用可能ではあるが、単結晶の酸化亜鉛結晶層が得られる成膜温度では、酸化亜鉛の昇華に因り、連続性のある酸化亜鉛膜が安定して得られない場

合がある。動作電流を広範囲に拡散させるには、膜の連続性に欠ける単結晶膜よりも、連続性の高い多結晶酸化亜鉛膜が有利である。なお多結晶酸化亜鉛膜には非晶質体の酸化亜鉛膜も含まれる。

【0014】この場合、多結晶酸化亜鉛膜を、c軸方向に優先的に配向させ、且つ、動作電流を平面的に拡散するためには、抵抗率（比抵抗）を $1 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 未満とすることが好ましい。このような酸化亜鉛膜は、窓層形成時において、被堆積物の温度を約 $250^{\circ}\text{C}$ から約 $450^{\circ}\text{C}$ に設定することにより得られる。窓層の層厚は約 $5 \text{ nm}$ 以上であるのが望ましく、約 $5 \mu\text{m}$ を越えると、表面の平坦性が悪化し発光強度の発光面内での均一化が低下する。

【0015】酸化亜鉛結晶は不純物を故意に添加しない、所謂アンドープ（undope）状態でn形の伝導を呈するが、第I II族元素をドーピングすれば、より確実に低比抵抗のn形酸化亜鉛窓層が形成できる。アルミニウム（Al）、ガリウム（Ga）やインジウム（In）等の第I II族元素をドープすれば、比抵抗を約 $2 \sim 3 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ とする窓層として充分な導電性が付与されたn形酸化亜鉛結晶層が得られる。例えば、Alドープ酸化亜鉛窓層は、Al不純物を例えれば、約 $2 \sim 5$ 重量%含む酸化亜鉛から成る成型材をターゲットとしてスパッタリングすれば形成できる。また、この様なターゲット材料の表面にレーザ光を照射するレーザアプレーション法でも形成できる。この場合、ドーパントは必ずしも一種に限定する必要はない。例えば、AlとGaの双方が添加されたn形酸化亜鉛結晶層からも窓層が構成できる。酸化亜鉛結晶層の比抵抗は通常のホール（Hall）効果測定法等により測定できる。

【0016】本発明では、上記のn形多結晶の酸化亜鉛窓層をDH構造発光部の一構成層であるn形クラッド層の上に堆積する。ここでは、単層または單一もしくは多重量子井戸構造から成る発光層上、発光を取り出す方向に配置したクラッド層を、上部クラッド層と称する。また、窓層を成すn形酸化亜鉛層とのオーミック接触を果たす関係上、上部クラッド層はn形の $(\text{Al}_\alpha \text{Ga}_{1-\alpha})_{0.5} \text{In}_{0.5}\text{P}$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) から構成されるものとする。この様に上部クラッド層上に、従来の如く禁止帯幅の小さな材料から成るコンタクト層を介さずに窓層を設ければ、発光の吸収が回避でき高輝度の発光を得ることができる。

【0017】従来のように、酸化物結晶とのオーミック接触を得るためのコンタクト層を配置しなくとも、n形クラッド層をキャリア濃度を相違する2つの層を有するように構成し、その内、高いキャリア濃度層上に、n形酸化亜鉛窓層を形成すればn形クラッド層間でのオーミック接合は充分に達成できる。低抵抗のオーミック接合を形成するために、高キャリア濃度層のn形キャリア濃度は、少なくとも約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上は必要である。

り、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上であるのが望ましい。一般的には $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ を越える高キャリア濃度とすると表面の平坦性が乱され、良好なオーミック接合が安定して得られ難くなる。この様な高キャリア濃度のn形 $(\text{Al}_\alpha \text{Ga}_{1-\alpha})_{0.5} \text{In}_{0.5}\text{P}$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) 層を形成する際のn形不純物としては、元素周期律の第I V族に属する珪素（Si）等よりも、第V I族に属するセレン（Se）やテルル（Te）が好ましい。

【0018】また、n形クラッド層に含まれる低いキャリア濃度の層を、 $(\text{Al}_\alpha \text{Ga}_{1-\alpha})_{0.5} \text{In}_{0.5}\text{P}$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) 発光層側に設ける。発光層側にn形不純物を多量にドーピングした高キャリア濃度層を設けると、多量に存在するn形不純物が発光層内へと侵入し発光層の伝導形或いはキャリア濃度または発光層と上部クラッド層との接合界面の組成の急峻性を悪化させ、発光特性を劣悪なものとするからである。低キャリア濃度層のn形キャリア濃度は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上で $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 未満であるのが好ましい。このキャリア濃度は第V I族不純物のドーピングにより達成できるが、発光層へのn形不純物の拡散を抑制する観点から、より熱拡散しにくい第V I族不純物である珪素（Si）を用いることが好ましい。

【0019】高キャリア濃度層の層厚としては $5 \text{ nm}$ 以上であれば充分である。 $5 \text{ nm}$ 未満では膜を形成するのが困難で、n形酸化亜鉛窓層との良好なオーミック接合特性が得られない。層厚が $500 \text{ nm}$ を越えると、層内に含まれる第V I族元素の総量が増加することとなり、多量の第V I族不純物が発光層内へと侵入し、発光層の特性を劣化させる要因となる。一方、低キャリア濃度層の層厚は、発光層内部へ侵入する高キャリア濃度層内に含まれるn形不純物の量を抑制するための層でもある。そのため、MO-VPE法によりn形クラッド層を成膜する温度が約 $700^{\circ}\text{C}$ 前後であるのを考慮すると、低キャリア濃度層の層厚は約 $0.5 \mu\text{m}$ を越える厚さとするのが好ましい。また、発光層に拡散する高キャリア濃度層内のn形不純物の量は、低キャリア濃度層の層厚が大きいほど、減少できる。厚さの上限については、例えば $10 \mu\text{m}$ でも構わないが、厚膜とすると成長時間がかかり、高温の成長温度での保持時間が増加し、ドーパントが発光層へと拡散する機会が増え、発光層との接合界面の組成急峻性が損なわれるなど好ましくない。

【0020】

【実施例】（実施例1）以下、本発明を実施例を基に詳細に説明する。図1は本実施例に係わる発光素子10の平面模式図である。また、図2は、図1に示す発光素子10の破線A-A'に沿った断面構造を示す模式図である。

【0021】短波長可視発光素子10を、亜鉛（Zn）ドープp形（001）-GaAs単結晶基板101上に、減圧MO-VPE法により順次積層した、Znドー

プ p 形 GaAs 緩衝層 102、Zn ドープ p 形 (Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub>P から成る下部クラッド層 104、アンドープの n 形 (Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>)<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub>P 混晶から成る発光層 105、及び n 形 (Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub>P から成る上部クラッド層 106 から作製した。トリメチルアルミニウム ((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Al)、トリメチルガリウム ((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Ga) 及びトリメチルインジウム ((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>In) を I II 族構成元素の原料とし、ジエチル亜鉛 ((C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>Zn) を亜鉛のドーピング源とした。下部クラッド層 104 はキャリア濃度を約  $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  に、成膜温度は 730 °C、層厚は約 430 nm とした。また、発光層の 105 の成膜温度は 730 °C、層厚は約 12 nm とし、キャリア濃度は約  $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  とした。

【0022】上部クラッド層 106 は、キャリア濃度を  $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  とする Si ドープ低キャリア濃度層 106a と、キャリア濃度を  $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  とする Se ドープ高キャリア濃度層 106b とから構成した。低キャリヤ濃度層の層厚は約 1 μm、高キャリヤ濃度層の層厚は約 50 nm とした。

【0023】上部クラッド層 106 の上には、一般的な高周波スパッタリング法により Al ドープの ZnO から成る窓層 107 を被着させた。窓層 107 は室温での比抵抗を約  $3 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$  とする n 形層から構成し、層厚は約 200 nm とした。一般的な X 線回折分析法により、窓層 107 を成す酸化亜鉛の配向性は、<0001> 方向 (C 軸) であること、並びに多結晶であることが示された。

【0024】酸化亜鉛窓層 107 上には、Al から成る直径が約 120 μm の円形の n 形電極 108 を一般的なフォトリソグラフィー技術を利用して設けた。GaAs 基板 101 の裏面の全面には金・亜鉛合金 (Au 98 重量% - Zn 2 重量% 合金) を真空蒸着した後、420 °C で 2 分間合金化 (アロイ) 処理を施して p 形オーミック電極 109 となした。然る後、一辺を約 350 μm とする略正方形の個別のチップに裁断し発光素子 10 となした。

【0025】n 形電極 108 及び p 形オーミック電極 109 間に順方向に 20 ミリアンペア (mA) の電流を通過したところ、酸化亜鉛窓層 107 の略全面からほぼ均等な赤橙色の発光が得られた。分光器により測定された発光波長は約 620 nm であった。また、発光スペクトルの半値幅は約 17 nm であり、単色性に優れた発光が得られた。順方向電圧 (@ 20 mA) は約 1.9 ボルト (V) となった。また、発光強度は約 60 ミリカンデラ (mcd) に到達した。

【0026】(実施例 2) 本実施例では、プラグ (Bragg) 反射層を具備した (AlGa) InP 発光素子を構成する場合を例にして、本発明を詳細に説明する。図 3 は、本実施例に係わる発光素子 30 の断面模式

図である。

【0027】<011> 方向に 4° 傾斜した、Zn ドープ (100) p 形 GaAs 基板 101 上に、トリメチルアルミニウム ((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Al)、トリメチルガリウム ((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Ga) 及びトリメチルインジウム ((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>In) を I II 族構成元素の原料とする、一般的な減圧 MO-VPE 法により、マグネシウム (Mg) ドープ p 形 GaAs 緩衝層 102 を積層した。次に、プラグ反射層 103、Mg ドープ p 形 (Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub>P から成る下部クラッド層 104、アンドープの n 形 (Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>)<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub>P 混晶から成る発光層 105、及び n 形 (Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub>P から成る上部クラッド層 106 を積層させた。プラグ反射層 103 は、Al 組成比を 0.45 とする Mg ドープ n 形 Al<sub>0.45</sub>Ga<sub>0.55</sub>As 層 103a と、Al 組成比を 0.90 とする Mg ドープ n 形 Al<sub>0.45</sub>Ga<sub>0.55</sub>As 層 103b を 5 周期、重層して構成した。Al<sub>0.45</sub>Ga<sub>0.55</sub>As 層 103a の層厚は約 42 nm であり、また、Al<sub>0.45</sub>Ga<sub>0.55</sub>As 層 103b の層厚は約 49 nm とした。

【0028】p 形 GaAs 緩衝層 102 の層厚は約 0.2 μm とし、キャリア濃度は約  $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  とした。プラグ反射層 103 の構成層 103a、103b のキャリア濃度は双方共に約  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  とした。下部クラッド層 104 の層厚は約 0.8 μm とし、キャリア濃度は約  $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  とした。発光層の 105 の層厚は約 10 nm とし、キャリア濃度は約  $8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  とした。

【0029】上部クラッド層 106 は、低及び高キャリア濃度の 2 層から構成した。発光層 105 に接合させて配置した低キャリア濃度層 106a は、キャリア濃度を約  $6 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  とし、層厚を約 1.7 μm とする Si ドープ n 形 (Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub>P から構成した。高キャリア濃度層 106a は、Se を高濃度にドーピングした、キャリア濃度を約  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  とし、層厚を約 100 nm とする n 形 (Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub>P から構成した。

【0030】高キャリア濃度層 106 上には、Al を重量含有率にして 3 重量% 及び Ga を 0.5 重量% 含む酸化亜鉛から成る固形成型材料 (ペレット) を原料として、電子ビーム真空蒸着法により酸化亜鉛窓層 107 を形成した。窓層 107 を構成する n 形酸化亜鉛の比抵抗はホール効果測定法によれば約  $4 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$  であり、層厚は約 150 nm とした。電子線回折解析法による回折パターンから、酸化亜鉛層は c 軸方向に配向した多結晶であるのが確認された。

【0031】実施例 1 の記載と同様に n 形電極 108 及び p 形オーミック電極 109 を形成して発光素子 30 を作製した。順方向に素子動作電流を通過したところ、波長を約 620 nm とする赤橙色の発光が酸化亜鉛窓層 1

0.7の略全面から得られた。また、発光スペクトルの半値幅 (FWHM) は約18nmであり、単色性に優れる発光がもたらされた。電流を20mAとした際の順方向電圧は約2Vであった。発光強度は約90mcdに達した。

## 【0032】

【発明の効果】本発明により、高輝度のAlGaInP発光素子を得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1に記載の発光素子の平面模式図である。

【図2】実施例1に記載の発光素子の断面模式図である。

【図3】実施例2に記載の発光素子の平面模式図である。

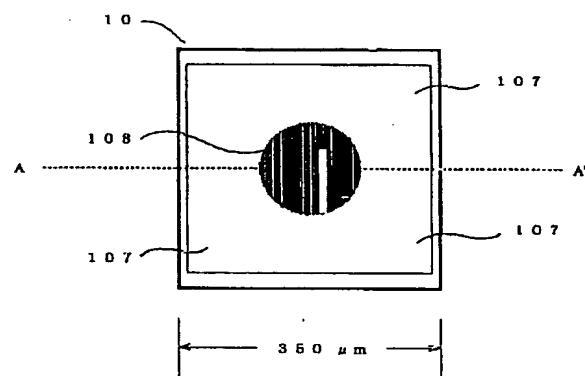
【図4】透明な導電性酸化物膜を具備した従来のAlGaInP発光素子の断面模式図である。

## 【符号の説明】

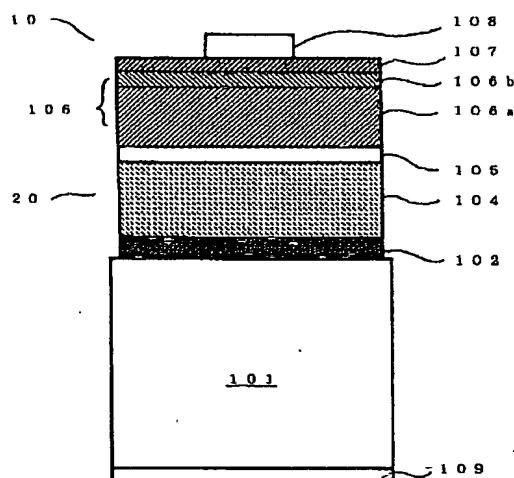
10 AlGaInP発光素子

- 30 AlGaInP発光素子
- 20 積層構造体
- 51 コンタクト層
- 52 透明導電性酸化物膜
- 53 上部電極
- 54 下部電極
- 101 GaAs単結晶基板
- 102 GaAs緩衝層
- 103 ブラッグ反射層
- 103a ブラッグ反射構成層
- 103b ブラッグ反射構成層
- 104 下部クラッド層
- 105 発光層
- 106 上部クラッド層
- 106a 低キャリア濃度層
- 106b 高キャリア濃度層
- 107 n形酸化亜鉛窓層
- 108 n形電極
- 109 p形オーム電極

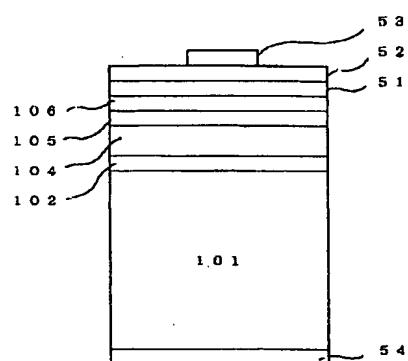
【図1】



【図2】

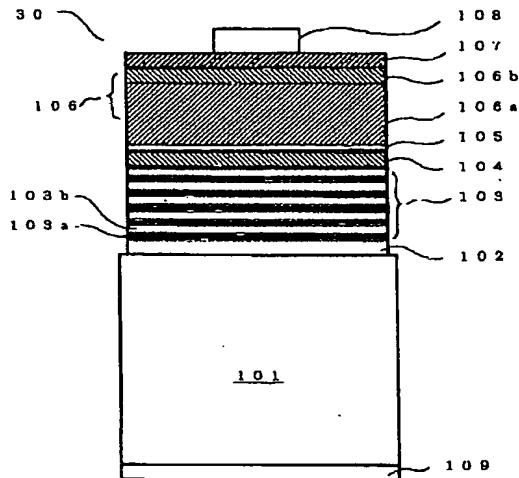


【図4】



(7) 000-353820 (P2000-353820A)

【図3】



---

フロントページの続き

(72)発明者 竹内 良一

埼玉県秩父市大字下影森1505番地 昭和電  
工株式会社秩父工場内

Fターム(参考) 5F041 AA04 AA11 CA04 CA23 CA34  
CA35 CA41 CA64 CA82 CA88  
CA98 CB36  
5F073 AB17 CA14 CB02 CB07 DA05  
EA24